

УДК 621.317

Д.В. Терещенко, студент гр. ПМ-61, д.т.н., проф. Безвесільна О.М.,
к.т.н., асис. Котляр С.С.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

П'ЄЗОРЕЗИСТИВНИЙ ДАТЧИК ТИСКУ

Анотація. В статті розглянуто принцип дії і конструкцію п'єзореzystивного перетворювача, що використовується в якості первинного перетворювача у датчиках тиску – манометрах.

Ключові слова: п'єзореzystр, діафрагма, датчик тиску

Найпоширеніші в індустріальній сфері сучасні датчики тиску - п'єзореzystивні перетворювачі тиску, що представляють собою кремнієвий чіп з інтегрованою електронікою, що виготовляється з використанням технології ІС (Integrated circuit - інтегральна схема).

П'єзореzystивний ефект це залежність опору матеріалу від величини її деформації.

П'єзореzystивні перетворювачі складаються з двох компонентів: мембрана або пластина заданої площі S , що піддається дії прикладеної сили F , і детектор або реєстратор, вихідний сигнал якого пропорційний прикладеній силі F (1) [1].

$$U = \frac{kd}{\epsilon S} F, \quad (1)$$

де k – п'єзоелектрична стала, для кварцу $k = 2,14 \cdot 10^{-12}$ Кл/Н;

d - товщина кремнієвої платини, м;

ϵ - діелектрична стала пластини, Ф/м;

S – площа поверхні кремнієвої платини, м²;

F - прикладена сила, Н.

$$\epsilon = \epsilon_k \cdot \epsilon_0;$$

$\epsilon_k = 3,5$ – діелектрична стала для кварцу;

$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м – діелектрична проникність вакууму.

Елементи п'єзореzystивних перетворювачів можуть бути виготовлені з кремнію. Датчик тиску складається з самої діафрагми і п'єзореzystивних перетворювачів у вигляді резисторів, що імплантуються у кремнієву діафрагму дифузійним методом.

Переваги: монокристалічний кремній характеризується дуже хорошими характеристиками пружності, тому, в датчиках на їх основі, відсутня повзучість і гістерезис навіть при високому тиску. Коефіцієнт тензочутливості кремнію у багато разів перевищує аналогічний коефіцієнт тонкого металевого провідника.

Недоліки: зазвичай тензореzystори включається за мостовою схемою або схемою моста Уінстона. Максимальна вихідна напруга таких датчиків складає декілька сотень мілівольт, тому на виході вони потребують підсилювачів напруги. Кремнієві резистори досить чутливі до температурних дій, тому такі датчики потребують використання ланцюгу температурної компенсації.

Існує декілька методів виготовлення кремнієвих датчиків тиску. У одному із способів використовується підкладка з кремнію n-типу, на якій методом іонної імплантації бору формуються п'єзореzystори з поверхневою концентрацією домішок, рівною 3×10^{18} в одному кубічному сантиметрі (рис. 1) [2].

Один з п'єзореzystорів (R_1) імпантується паралельно, а інший (R_2) - перпендикулярно орієнтації діафрагми (рис. 1, в). Одночасно з формуванням п'єзореzystорів виготовляються і інші компоненти схеми датчика: резистори і р-п переходи, що використовуються в ланцюгах компенсації температури і розташовуються в порівняно товстій зоні підкладки навколо діафрагми. У зв'язку з таким розташуванням вони не реагують на тиск, що діє на діафрагму.

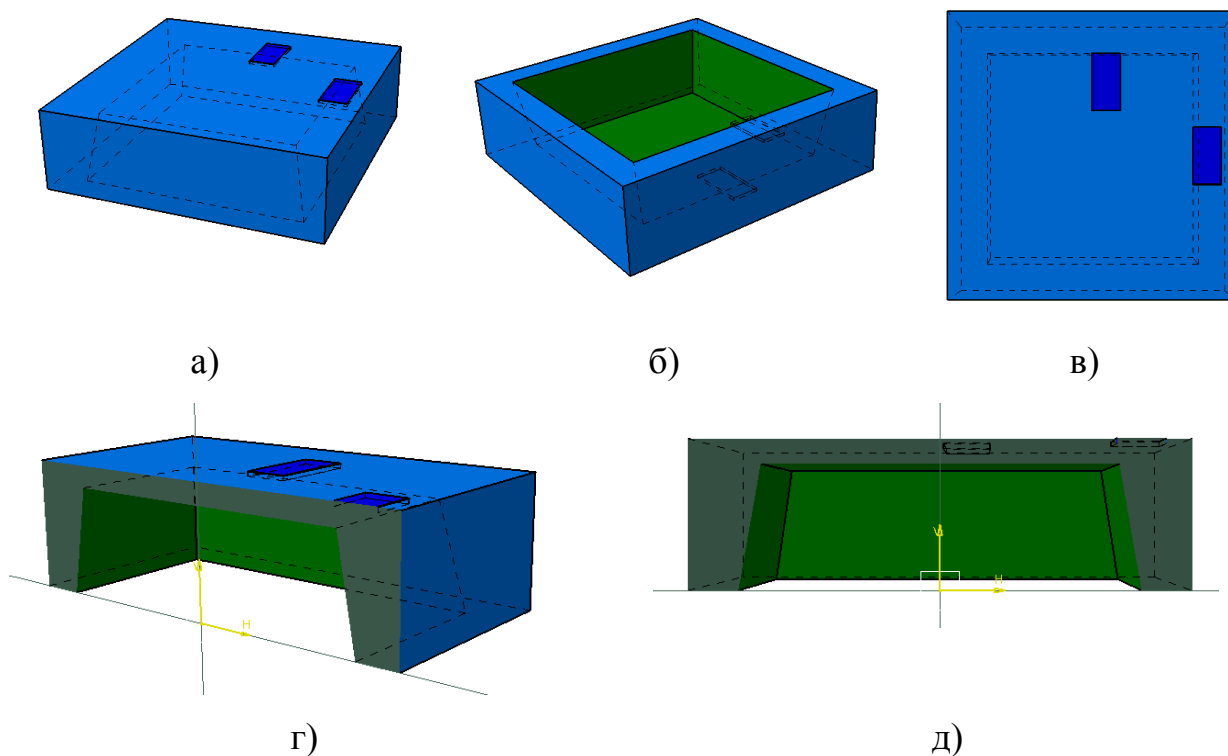


Рис. 1. Кремнієва діафрагма з резисторами

Напівпровідниковий резистор, що має номінал R , за рахунок п'єзореzystивного ефекту, змінює під дією прикладеної механічної напруги (рис. 2) свій електричний опір на величину ΔR :

$$\frac{\Delta R}{R} = n_1 u_1 + n_2 u_2, \quad (2)$$

де n_1, n_2 - п'єзореzystивні коефіцієнти в подовжньому і поперечному напрямках;
 u_1, u_2 - напруга в подовжньому і поперечному напрямках.

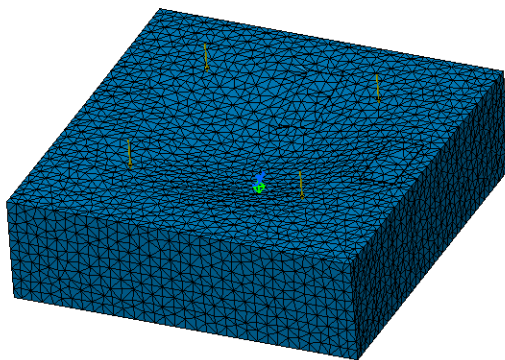
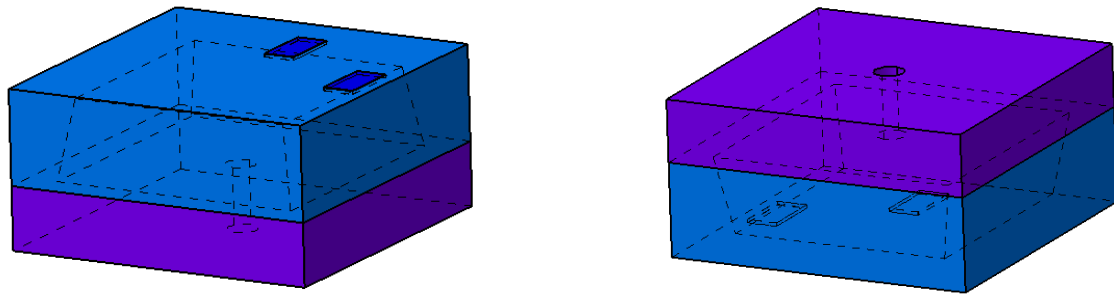


Рис. 2. Діафрагма під дією тиску

Кремнієва діафрагма монтується на підкладці також із кремнію, що має невеликий отвір для вентиляції повітря під час дії тиску (рис. 3).



а) вид зверху

б) вид знизу

Рис. 3. П'єзорезистивний датчик тиску

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Безвесільна О.М. Технологічні вимірювання та прилади. Перетворюючі пристрої приладів та комп'ютеризованих систем: підруч. для студ. приладобуд. спец. вищ. навч. закл. / О. М. Безвесільна, Ю. О. Подчашинський; Житомирський держ. технологічний ун-т. - Житомир : ЖДТУ, 2006. - 560 с.: рис. - Бібліогр.: с. 552-558. - ISBN 966-683-085-X.
- [2] Костюк А.Ф. Датчики в современных измерениях / А.Ф. Костюк. – М.: Радио и связь, Горячая линия – Телеком, 2006. – 96 с., ил. – ISBN 5-256-01782-6.

Наук. керівник – к.т.н., Котляр С.С.